

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-306391

(43)Date of publication of application : 17.11.1998

(51)Int.Cl.

C23G 3/02

B21B 45/06

C23G 1/08

(21)Application number : 10-046828

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 27.02.1998

(72)Inventor : MABUCHI KATSUMI
KIKUCHI TOMOKO
KANI YASUNORI
NAKAMURA TSUNEO
YOKOSUKA SHINICHI

(30)Priority

Priority number : 09 47570

Priority date : 03.03.1997

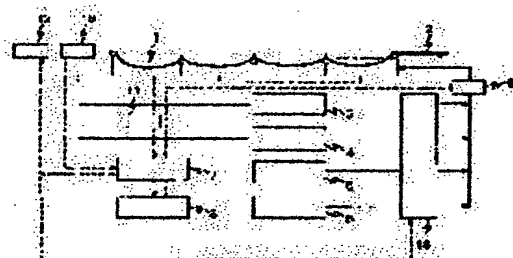
Priority country : JP

(54) METHOD FOR CONTROLLING PICKLING PLANT AND THE PICKLING PLANT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To most adequately control a pickling plant for obtaining an ordinary steel having excellent smoothness by determining the descaling efficiency of arbitrary plural parts in a pickling tank by using the values of the state quantity and operating state quantity of a steel sheet and determining the operating state quantity of the plant in accordance with the determined value.

SOLUTION: A sheet thickness, sheet width, initial strip temp., scale quantity and line speed are inputted by a sensor 10 and the concn. of the hydrochloric acid to be injected and the amt. of the hydrochloric acid to be injected are inputted by a sensor 9 and the liquid temp. of the acid is inputted through a sensor 11 to a monitor unit 7. The inputted data are subjected to the calculation of the optimum operation parameters by using a prescribed algorithm from these sets of the data by a calculating system 8. The results thereof with respect to the soln. concn. and flow rate through the monitor unit 7 are transferred to a soln. concn. and flow rate control system 13 where the optimum values are freshly set. The sheet threading speed is also set at the optimum value by a sheet threading control system 12 in a similar manner.



LEGAL STATUS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-306391

(43) 公開日 平成10年(1998)11月17日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

C 2 3 G 3/02

C 2 3 G 3/02

B 2 1 B 45/06

B 2 1 B 45/06

B

C 2 3 G 1/08

C 2 3 G 1/08

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-46828

(22) 出願日 平成10年(1998) 2 月27 日

(31) 優先権主張番号 特願平9-47570

(32) 優先日 平 9 (1997) 3 月 3 日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 馬淵 勝美

茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 菊池 智子

茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 可児 保宜

茨城県日立市幸町三丁目 1 番 1 号 株式会

社日立製作所日立工場内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

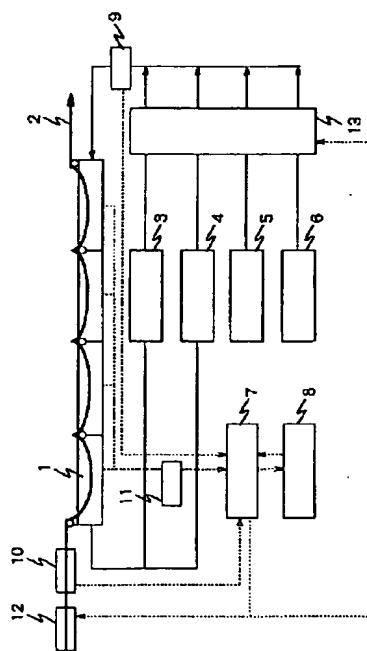
(54) 【発明の名称】 酸洗プラントの制御方法とその酸洗プラント

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、平滑性の優れた普通鋼を得るための酸化物スケールを除去する酸洗プラントの制御方法とその装置を提供することにある。

【解決手段】鋼板の板厚、板幅、スケール量に関する鋼板の状態量と、酸洗槽に供給される酸の濃度、供給量、酸の液温、ラインスピード、酸洗槽に入る直前のスリップ温度に関するプラントの運転状態量を監視し、その値を用いて任意の複数部分の酸洗槽内の脱スケール率を求め、その値に基づいてプラントの最適運転状態量を決定する酸洗プラントの制御方法及びその装置。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】鋼板の板厚、板幅及びスケール量に関する鋼板の状態量と、酸洗槽に供給される酸の濃度、酸の供給量、酸の温度、ラインスピード及び酸洗槽に入る直前のストリップ温度に関する運転状態量とを監視し、前記鋼板の状態量及び運転状態量の値を用いて前記酸洗槽内の任意の複数部分の脱スケール率を求め、その求められた値に基づいてプラントの前記運転状態量を決定することを特徴とする酸洗プラント制御方法。

【請求項2】鋼板の板厚、板幅及びスケール量に関する鋼板の状態量と、酸洗槽に供給される酸の濃度、酸の供給量、酸の温度、ラインスピード及び酸洗槽に入る直前のストリップ温度に関する運転状態量とを監視し、前記鋼板の状態量及び運転状態量の値を用いて前記酸洗槽内の任意の複数部分での流入する酸、流出する酸およびその部分で消費する酸の物質収支を求めるとともに、その求められた値を用いて前記酸洗槽内の複数部分の脱スケール効率を求め、その求められた値に基づいてプラントの前記運転状態量を決定し、運転することを特徴とする酸洗プラントの制御方法。

【請求項3】鋼板の板厚、板幅及びスケール量に関する鋼板の状態量を監視するセンサーと、複数の酸洗槽に供給される酸の濃度、酸の供給量、酸の温度、ラインスピード及び酸洗槽に入る直前のストリップ温度に関するプラントの運転状態量のうち少なくとも一つを監視するセンサーと、前記状態量の値を用いて前記酸洗槽内の任意の複数部分に流入する酸、流出する酸およびその部分で消費する酸の物質収支よりその部分の酸濃度を求めるとともに、その求められた値を用いて前記酸洗槽内の複数部分の脱スケール率を求める演算処理手段と、該演算処理された値に基づいてプラントの前記運転状態量をコントロールする制御手段を有することを特徴とする酸洗プラント。

【請求項4】酸洗槽に注入する酸の濃度酸の供給量、酸の温度、およびラインスピードに関する運転状態量と、鋼板の板厚、板幅及びスケール量に関する鋼板の状態量とがプラント運転中に変化する酸洗プラントの制御方法であって、任意の部分に流入する酸と流出する酸との関係から求められるその部分で消費する酸の量より前記運転状態量を決定することを特徴とする酸洗プラントの制御方法。

【請求項5】普通鋼を熱間圧延機で圧延し、該圧延された普通鋼帯を酸溶液と接触して普通鋼帯の表面に生成したスケールを酸洗によって除去する酸洗プラントの制御方法において、前記酸洗を請求項1、2及び4のいずれかに記載の酸洗によって行う酸洗プラントの制御方法。

【請求項6】普通鋼を熱間圧延機で圧延し、該圧延された普通鋼帯を酸溶液と接触して普通鋼帯の表面に生成したスケールを酸洗によって除去する酸洗プラントの制御方法において、前記圧延機から出た普通鋼帯表面のスケールを機械的に除去した後、次いで請求項1、2及び4

のいずれかに記載の酸洗によって行うことを特徴とする普通鋼帯の脱スケール圧延連続一貫製造方法。

【請求項7】普通鋼を熱間圧延機で圧延し、該圧延された普通鋼帯を酸溶液と接触して普通鋼帯の表面に生成したスケールを酸洗によって除去する酸洗プラントの制御方法において、前記圧延機から出た普通鋼帯表面のスケールを機械的に除去した後、次いで請求項1、2及び4のいずれかに記載の酸洗によって行い、更に該酸洗された普通鋼帯を冷間圧延することを特徴とする普通鋼帯の脱スケール圧延連続一貫製造方法。

【請求項8】熱間圧延機で圧延した普通鋼帯を任意の長さに切断する手段、該普通鋼帯に生成したスケールに対し機械的応力を与える手段、該普通鋼帯と接触する酸溶液を貯蔵する複数の酸洗槽、該普通鋼帯を該複数の酸洗槽の該酸溶液に浸漬しながら通板することにより前記スケールを除去する酸洗プラント、該酸洗プラントから出た処理済み普通鋼帯を水洗する手段及び該水洗された普通鋼帯を乾燥する手段を具備する熱間圧延普通鋼帯の脱スケール設備において、前記酸洗プラントは請求項3よりなる脱スケール設備。

【請求項9】熱間圧延普通鋼帯表面のスケールを機械的に除去するメカニカルスケールブレイカと、希塩酸溶液を入れた複数の酸洗槽と、該希塩酸溶液を通板の下流から上流側へ移動させる手段と、該普通鋼帯を前記酸洗槽の上流側から下流側へ移動させる手段とを備えた酸洗プラントと、該酸洗された普通鋼帯を冷間圧延する冷間圧延機を有する脱スケール冷間圧延連続一貫製造設備において、前記酸洗プラントは請求項3よりなる普通鋼帯の脱スケール冷間圧延連続一貫製造設備。

【請求項10】普通鋼薄板鋳物を製造する連続鋳造機と、前記薄板鋳物を熱間圧延する熱間圧延機と、該圧延された普通鋼帯表面のスケールを機械的に除去するメカニカルスケールブレイカと、希塩酸溶液を貯蔵する複数の酸洗槽と前記脱スケール後の普通鋼帯を該複数の酸洗槽に浸漬しながら通板する手段と、前記希塩酸溶液を加熱する加熱手段と、前記希塩酸溶液を通板の下流から上流側へ移動させる手段と、を備えた酸洗プラントと、該酸洗プラントから出た普通鋼帯を水洗する手段と、該水洗された普通鋼帯を乾燥する手段と、を具備する脱スケール連続一貫製造設備において、前記酸洗プラントは請求項3よりなる普通鋼帯の脱スケール連続一貫製造設備。

【請求項11】前記乾燥した普通鋼帯を冷間圧延する冷間圧延機を具備する請求項10よりなる普通鋼帯の脱スケール連続一貫製造設備。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、新規な熱間圧延鋼帯の表面に生成した酸化スケールを除去する酸洗プラ

ト、その制御方法、普通鋼帯の脱スケール圧延連続一貫製造方法及び脱スケール連続一貫製造設備に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に普通鋼板（炭素鋼）は、800～900℃で圧延されるために表面に Fe_3O_4 を主体とした黒色の酸化物スケールが生成する。このスケールは、後続の冷間圧延時のスケール巻き込みによる損傷の原因となるためにスケールの除去が不可欠となる。普通鋼帯のスケールの除去方法としては、塩酸溶液の槽に鋼板を浸漬して連続通板させ、化学反応によりスケールを除去するカテナリ方式酸洗法が主流である。塩酸溶液は、下流側から注入し、上流側から取り出す。この時の塩酸洗液の酸濃度は、3～5%程度まで低下し、逆に FeCl_2 濃度は10数%程度まで上昇する。この溶液は、ARP（酸回収システム）を通して18%程度の塩酸溶液として再生され、再び酸洗槽の下流側へ供給される。通常ARPの能力は、上流側から回収する酸洗液中の Fe イオン濃度を120g/lとして設定されている。この120g/lという値は、スケールがすべて溶解し、酸洗槽の終了時点で脱スケールが終了する場合の酸洗液中に含まれる Fe イオン濃度に相当する。

【0003】通常運転からはずれた場合を考えると、たとえばラインスピードを遅くしなければいけない場合、酸洗液の温度をそのままにしておくと、鋼板の酸洗槽中の滞在時間が長くなるために、酸洗槽の終了時点より前の段階で脱スケールが終了し、必要以上に下地の出た鋼板が酸溶液に浸漬される（過酸洗）。この様な場合、下地が荒れてしまい製品品質が低下するばかりでなく、酸洗液が消耗、劣化する。またスケール厚さの違う鋼材が入ってきた場合、運転条件が同じであれば、たとえば厚い酸化皮膜の鋼材の場合脱スケールが終了しないまま鋼材が酸洗槽から出てしまう可能性が生じるし、薄い酸化皮膜の場合ラインスピードが遅くなった場合と同様に過酸洗の状態になる。

【0004】現状においては、それぞれの場合に対する決まった手法は確立されておらず、たとえばラインスピードが低下した場合、温度を下げる方がよい等経験によって運行状態が決められているが、どれだけ温度を低下させればよいのかは明確になっていない、出てくる鋼材の表面状態を見て最適値を決定していた。

【0005】特開昭59-209415号公報には、熱間圧延鋼帯の巻取り時の温度に基づいて酸洗速度を制御する脱スケール方法、特開昭62-196385号公報には熱間圧延鋼帯を熔融塩に通し次いで酸洗する際に熔融塩に入る前の鋼帯の温度に基づいて酸洗槽の酸の噴流速度を制御する脱スケール方法、特開平1-254313号公報には熱間圧延鋼帯を酸洗するに際し、その板厚、材質及び熱圧条件に基づいて酸洗のノズルからの吐出量を制御する脱スケール方法、特開平6-212462号公報には鋼板表面に生成された酸化膜の状態に基づいて酸濃度と温度を変えながら酸

洗する方法が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】経験的な手法によっている場合、ラインスピードが低下した場合、どこまで温度を下げればいいのか最適値を見つけることが困難である。それ以前に温度を低下させる方法が最適な手法であるかどうか、理論的な検討はされていない。前述したように、どれだけそのパラメータを変化させればよいのかは、出てくる鋼材の表面状態を見て最適値を決定していたが、その場合においてもそれが定常状態になっているのかも判断する材料がない。

【0007】そして、上記いずれの公知例にも酸洗槽内の酸の濃度分布、 Fe の濃度分布及び脱スケール効率率は示されていない。

【0008】本発明の目的は、脱スケール後の平滑性に優れた普通鋼を得るための酸洗プラントの最適な制御方法におけるアルゴリズム、それをともなう酸洗プラントおよびそれをを用いた普通鋼帯の脱スケール圧延連続一貫製造方法とその設備を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】経験的なものに頼っていたことを計算アルゴリズムによる制御に変えるためには、プラントの操業条件および鋼板の状態量と脱スケール効率との関係を数式化し、累積脱スケール効率が酸洗槽の出口付近で100%になるようにプラントの操業条件を決定してやればよい。

【0010】通常の運転時における最適な操業条件は、このアルゴリズムを用いて決定された値で制御すればよい。また運転条件が変化した場合、たとえばラインスピード、板厚、板幅、スケール量等が変化した場合、このアルゴリズムを用いてプラントの操業条件である液温、ARPからの塩酸濃度、塩酸注入量のどれをどれだけ変化させればよいのかを計算することにより最適操業条件でプラントを運転できる。

【0011】本発明は、鋼板の板厚、板幅、スケール量で代表される鋼板の状態量、酸洗槽に供給される酸の濃度、酸の供給量、酸の温度、ラインスピード及び酸洗槽に入る直前のストリップ温度、好ましくは更にライン長さ、スケールブレイカーのび率に関する運転状態量を監視し、前記状態量の値を用いて前記酸洗槽内の任意の複数部分の脱スケール効率好ましくは更に酸の濃度分布、鉄の濃度分布を求め、その値に基づいてプラントの前記運転状態量を決定することを特徴とする酸洗プラント制御方法にある。

【0012】本発明は、酸洗槽の酸の濃度、鉄の濃度、酸の温度、および脱スケール量を、任意の複数部分について監視することを特徴とする酸洗プラントの制御方法にある。

【0013】消費する酸の量は、あらかじめ種々の温度および酸濃度液中で脱スケールすることにより、温度お

よび酸濃度の関数となっている。

【0014】出口付近における脱スケール効率が100%になるようにプラントの運転状態量が決定される。

【0015】本発明は、鋼板の板厚、板幅、スケール量で代表される鋼板の状態量、酸洗槽に供給される酸の濃度、酸の供給量、酸の温度、ラインスピード及び酸洗槽に入る直前のストリップ温度、好ましくは更にライン長さ、スケールブレイカーのび率に関する運転状態量を監視し、前記状態量の値を用いて前記酸洗槽内の任意の複数部分での流入する酸、流出する酸およびその部分で消費する酸の物質収支を求めるとともに、その求められた値を用いてその部分での脱スケール量を求め、それを順次繰り返すことにより前記酸洗槽内の複数部分の脱スケール効率好ましくは更に酸濃度分布、鉄濃度分布を求め、その値に基づいてプラントの前記運転状態量を決定し、その値に基づいてプラントを運転することを特徴とする酸洗プラントの制御方法にある。

【0016】本発明は、鋼板の板厚、板幅、スケール量で代表される鋼板の状態量を監視するセンサーと、複数の酸洗槽に供給される酸の濃度、酸の供給量、酸の温度、ラインスピード及び酸洗槽に入る直前のストリップ温度、好ましくは更にライン長さ、スケールブレイカーのび率に関するプラントの運転状態量を監視するセンサーと、前記状態量の値を用いて前記酸洗槽内の任意の複数部分に流入する酸、流出する酸およびその部分で消費する酸の物質収支よりその部分の酸濃度を求めるとともに、その値を用いてその部分での脱スケール量を求め、それを順次繰り返すことにより前記酸洗槽内の複数部分の脱スケール率好ましくは更に酸濃度分布、鉄濃度分布を求める演算処理手段と、該演算処理された値に基づいてプラントの前記運転状態量をコントロールする制御手段を有することを特徴とする酸洗プラントにある。

【0017】本発明は、酸洗槽に注入する酸の濃度および酸の供給量、酸の温度、およびラインスピードで代表される運転状態量や、鋼板の板厚、板幅及びスケール量で代表される鋼板の状態量がプラント運転中に変化する酸洗プラントの制御方法において、あらたに任意の部分に流入する酸と流出する酸との関係から求められるその部分で消費する酸の量より前記運転状態量を決定することが好ましい。

【0018】本発明は、酸洗槽に注入する酸の濃度および酸の供給量、酸の温度、およびラインスピードで代表される運転状態量や、鋼板の板厚、板幅及びスケール量で代表される鋼板の状態量がプラント運転中に変化する酸洗プラントの制御方法において、少なくとも酸洗槽に注入する酸の濃度および酸の供給量、酸の温度、およびラインスピードの少なくとも一つの運転状態量を変化させることが好ましい。即ち、本発明は、鋼板の板厚、板幅、スケール量で代表される鋼板の状態量と酸洗槽に供給される酸の濃度、供給量、酸の液温、ラインスピー

ド、酸洗槽に入る直前のストリップ温度で代表されるプラントの運転状態量のうち少なくとも一つ以上を監視し、その値を用いて任意の部分に流入する酸、流出する酸およびその部分で消費する酸の物質収支よりその部分の酸濃度を求めるとともに、その値を用いてその部分での脱スケール量を求め、それを順次繰り返すことにより酸洗槽内の複数部分の脱スケール率、好ましくは更に酸濃度分布、鉄濃度分布を求め、その値に基づいてプラントの最適運転状態量を決定し、その値に基づいてプラントを運行するものである。

【0019】本発明は、熱間圧延普通鋼帯表面のスケールを機械的に除去するメカニカルスケールブレイカと、希塩酸溶液を入れた複数の酸洗タンクと該希塩酸溶液を通板の下流から上流側へ移動させる手段と該普通鋼帯をタンクの上流側から下流側へ移動させる手段とを備えた洗浄プラントとを有する脱スケール冷間圧延連続一貫製造設備において、前記酸洗プラントは前述によって構成される。更に、該酸洗された普通鋼帯を冷間圧延する冷間圧延機を有することができる。

【0020】普通鋼薄板鋳物を製造する連続鋳造機と、前記薄板鋳物を熱間圧延する熱間圧延機と、該圧延された普通鋼帯表面のスケールを機械的に除去するメカニカルスケールブレイカと、該希塩酸溶液を貯蔵する複数のタンクと前記脱スケール後の普通鋼帯を該複数のタンクの該酸溶液に浸漬しながら通板する手段と該酸溶液を加熱する加熱手段と該酸溶液を通板の下流から上流側へ移動させる手段とを備えた酸洗プラントと、該酸洗プラントから出た普通鋼帯を水洗する手段と、該水洗された普通鋼帯を乾燥する手段とを具備する脱スケール連続一貫製造設備において、前記酸洗プラントは前述によって構成される。更に、該乾燥した普通鋼帯を冷間圧延する冷間圧延機を有することができる。

【0021】本発明は、普通鋼を熱間圧延機で圧延し、該圧延された普通鋼帯を酸溶液と接触して普通鋼帯の表面に生成したスケールを酸洗によって除去する酸洗プラントの制御方法において、前記酸洗を前述の酸洗によって行うものである。

【0022】本発明は、普通鋼を熱間圧延機で圧延し、該圧延された普通鋼帯を酸溶液と接触して普通鋼帯の表面に生成したスケールを酸洗によって除去する酸洗プラントの制御方法において、前記圧延機から出た普通鋼帯表面のスケールを機械的に除去した後、次いで前述の酸洗によって行い、更に該酸洗された普通鋼帯を冷間圧延することを特徴とする普通鋼帯の脱スケール圧延連続一貫製造方法にある。

【0023】本発明は、熱間圧延機で圧延した普通鋼帯を供給する手段、該普通鋼帯を任意の長さに切断する手段、該普通鋼帯に生成したスケールに対し機械的応力を与える手段、該普通鋼帯と接触する酸溶液を貯蔵する複数のタンク、該普通鋼帯を該複数のタンクの該酸溶液に

浸漬しながら通板することにより前記スケールを除去する酸洗プラント、該酸洗プラントから出た処理済み普通鋼帯を水洗する手段及び該水洗された普通鋼帯を乾燥する手段を具備する熱間圧延普通鋼帯の脱スケール設備において、前記酸洗プラントは前述によって構成されるものである。

【0024】計算アルゴリズムによる制御のためには、プラントの操作条件および鋼板の状態量と脱スケール効率との関係を数式化する必要がある。そこで酸洗槽を複数の部分に分割し、その部分における酸の物質収支を考え、その方程式を解くことによりその部位での塩酸濃度、脱スケール量、Fe量等を求めることができる。

$$\tau_1 = l_1 / V \quad \dots (1)$$

$$\tau_n = l_n / V \quad \dots (2)$$

鋼材の温度は、次式によって求められる。

【0027】第1部の入り口の温度を T_0 、出口の温度を T_1 、第2部の入り口の温度を T_1 、出口の温度を T_2 、

$$T_0 = \theta_0 \quad \dots (3)$$

$$T_1 = \theta_f - (\theta_f - \theta_0) \times \exp(-2 \times \alpha \times l_1 / (C_v \times d \times V \times 60 \times 7850)) \quad \dots (4)$$

$$T_2 = \theta_f - (\theta_f - \theta_0) \times \exp(-2 \times \alpha \times (l_1 + l_2) / (C_v \times d \times V \times 60 \times 7850)) \quad \dots (5)$$

$$T_{n-1} = \theta_f - (\theta_f - \theta_0) \times \exp(-2 \times \alpha \times (l_1 + l_2 + l_3 \dots + l_{n-1}) / (C_v \times d \times V \times 60 \times 7850)) \quad \dots (6)$$

$$T_n = \theta_f - (\theta_f - \theta_0) \times \exp(-2 \times \alpha \times (l_1 + l_2 + l_3 \dots + l_{n-1} + l_n) / (C_v \times d \times V \times 60 \times 7850)) \quad \dots (7)$$

各部位での平均ストリップ温度は、

$$t_1 = (T_0 + T_1) / 2 \quad \dots (8)$$

$$t_2 = (T_1 + T_2) / 2 \quad \dots (9)$$

$$t_{n-1} = (T_{n-2} + T_{n-1}) / 2 \quad \dots (10)$$

$$t_n = (T_{n-1} + T_n) / 2 \quad \dots (11)$$

酸の収支バランスは定常状態においては、

$$\text{第}n\text{部で} \quad Q \times C_{n+1} = Q \times C_n + r_n \quad \dots (12)$$

$$\text{第}n-1\text{部で} \quad Q \times C_n = Q \times C_{n-1} + r_{n-1} \quad \dots (13)$$

$$\text{第}2\text{部で} \quad Q \times C_3 = Q \times C_2 + r_2 \quad \dots (14)$$

$$\text{第}1\text{部で} \quad Q \times C_2 = Q \times C_1 + r_1 \quad \dots (15)$$

ここで r_n は酸消費速度を表わし、脱スケール速度 X_n に換算することができる。

たとえば反応式を



とした場合、

$$r_n = X_n \quad \dots (17)$$

ただしここでの単位は、(Kg/min)

第 n 部においては、 Q および C_{n+1} 設定値であり任意に決定することができる。 X_n は t_n および C_n の関数であるために、この関数式をあらかじめ求めておけば、式(12)は C_n に関する一次方程式となり簡単に C_n を決定できる。また C_n が決定できれば X_n に対する t_n および C_n の関数式から X_n を決定することができる。

【0028】第 $n-1$ 部においては、任意に設定できる Q および n 部において求めた C_n および X_{n-1} に対する

ここでいうアルゴリズムの内容は、以下に示すものである。

【0025】ここで酸洗槽を n 個に分割して考える。

【0026】酸洗槽の入り口から、それぞれの長さを $l_1, l_2 \dots l_n$ 、酸濃度を $C_1, C_2 \dots C_n$ 、鋼板の平均温度を $t_1, t_2 \dots t_n$ 、ストリップ滞留時間を $\tau_1, \tau_2 \dots \tau_n$ 、初期ストリップ温度 $\theta(0)$ 、液温 $\theta(f)$ 、スケール量 $X(0)$ 、ラインスピード V 、熱伝達率 α 、ストリップ比熱 $C(1)$ 、ARPからの注入酸濃度 C_{n+1} 、HCl注入量 Q 、板幅 h 、板厚 t とする。各部位におけるストリップの平均滞留時間は、

第 n 部における入り口の温度を T_{n-1} 、出口の温度を T_n とすると

t_{n-1} および C_{n-1} の関数式を式(13)に代入すると n 部の場合と同様に C_{n-1} の一次関数となり簡単に C_{n-1} を決定できる。同様に C_{n-1} が決定できれば X_{n-1} に対する t_{n-1} および C_{n-1} の関数式から X_{n-1} を決定することができる。これを順次繰り返すことにより酸洗槽内の酸濃度分布 $C_n, C_{n-1} \dots C_1$ および脱スケール量 $X_n, X_{n-1} \dots X_1$ を求めることができる。 X_n に関する種々の温度および酸濃度条件で求めた t_n および C_n の関数式は、たとえば酸が塩酸で、鋼材が普通鋼である場合、次

式であたえられる。

【0029】

$$X_n = 1.3328 \times 10^7 \times \exp(-7168/(273+t)) \times l_n \times h \times C_n \times 2 \quad \dots (18)$$

他の酸、たとえば使用する酸が硫酸であれば、あらかじめ硫酸中における種々の温度および濃度での脱スケール速度を同様に求めておけばよい。累積脱スケール率Zは、次の方法で求めることができる。すなわち、各部

位での単位面積あたりの脱スケール量を求め、それを累積させるのである。各部位での単位面積あたりの脱スケール量Yは、

$$\text{第}n\text{部で} \quad Y_n = X_n \times \tau_n / (l_n \times h \times 2) \quad \dots (19)$$

$$\text{第}n-1\text{部で} \quad Y_{n-1} = X_{n-1} \times \tau_{n-1} / (l_{n-1} \times h \times 2) \quad \dots (20)$$

$$\text{第}2\text{部で} \quad Y_2 = X_2 \times \tau_2 / (l_2 \times h \times 2) \quad \dots (21)$$

$$\text{第}1\text{部で} \quad Y_1 = X_1 \times \tau_1 / (l_1 \times h \times 2) \quad \dots (22)$$

各部位までの累積脱スケール率Zは

$$\text{第}1\text{部出口まで} \quad Z_1 = Y_1 / X_0 \quad \dots (23)$$

$$\text{第}2\text{部出口まで} \quad Z_2 = (Y_1 + Y_2) / X_0 \quad \dots (24)$$

$$\text{第}n\text{部出口まで} \quad Z_n = (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n) / X_0 \quad \dots (25)$$

従って、上で示した式を用いて、酸洗槽中の累積脱スケール率を求め、それが出口付近において100%付近になるように任意に制御できるパラメータ、すなわち t_n 、 C_{n+1} 、 Q 、 V にフィードバックをかけてることにより、最適になるように制御することができる。

【0030】またプラントの運転状態、たとえばラインスピード V 、液温 θ_f 、ARPの能力である C_{n+1} 、 Q や、鋼材の状態、たとえば板厚 h 、スケール量 X_0 等が変化した場合においても上記アルゴリズムを用いて累積

脱スケール率を求め、その段階で制御可能なパラメータにフィードバックさせそれが出口付近で100%になるようにそれぞれの値を設定させることができる。

【0031】どのパラメータを変化させればよいのかの判断は、そのパラメータを動かしたあと定常状態になるまでに必要な時間と脱スケール率の均一性によって判断する。たとえば V が変化した場合、この時に変更可能な C_{n+1} 、 Q および θ_f である。

【0032】定常状態までに達する時間は、

$$V \cdot dC_n = Q \cdot C_{n+1} \cdot dt - Q \cdot C_n \cdot dt - \tau_n \cdot dt \quad \dots (26)$$

$$V \cdot dC_{n-1} = Q \cdot C_n \cdot dt - Q \cdot C_{n-1} \cdot dt - \tau_{n-1} \cdot dt \quad \dots (27)$$

$$V \cdot dC_1 = Q \cdot C_2 \cdot dt - Q \cdot C_1 \cdot dt - \tau_1 \cdot dt \quad \dots (28)$$

の連立微分方程式を解けばもとめることができる。

【0033】また脱スケール率の均一性は、累積脱スケール率の酸洗槽内での分布で判断できる。すなわち鋼板が酸洗槽を進むに連れて徐々に累積脱スケール率が進行していく場合は、均一に脱スケールされていることになり、表面粗さが小さい。それに対してある一定区間で累積脱スケール率が急上昇する場合は、その区間で急激に脱スケールが進行していることになり、その場合は、表面粗さが大きくなる。

【0034】このような操作から、最適制御パラメータをいくつに設定すればよいか、プラントの運転状態および処理鋼板の状態が変化した場合、どのパラメータをどれだけ変化させればよいのかを判断することができる。

【0035】

【発明の実施の形態】

(実施例1) 図1は、本アルゴリズムを装備した酸洗装置を示す。監視ユニットにおいては、板厚、板幅、初期ストリップ温度、酸の液温、スケール量、ラインスピード、ARP(酸回収システム)からの注入塩酸濃度、ARPからの塩酸注入量の情報がセンサー9、10を通して監視ユニット7にインプットされる。インプットされたデータは、演算システム8の中でこれらのデータより

本発明のアルゴリズムを用いて最適な運行条件が計算され、その情報をもってフィードバックがかけられ、液温度の調整、ラインスピードの設定、注入塩酸濃度の設定、注入塩酸濃度の調整等の各操作が行われる。アルゴリズムの内容は、作用の項で示したとおりである。センサー9は酸の濃度、流量を検出するセンサー、10はラインスピード、膜厚計を検出するセンサーである。

【0036】図1に示したのは、カテナリ方式の酸洗槽である。酸洗槽は3槽または4槽からなり、鋼板は各槽の両端に設置されているロールによって支持されている。溶液の流れる方向と鋼板の進む方向とは逆方向になっており、相対速度が上がるようになっている。そのために鋼板の入り口においては、鋼板は濃度の低い酸液と接触ししかも鋼板が十分に加熱されていないため鋼板温度が低い。鋼板が進むに連れて接触する酸の濃度は増加し、しかも十分に鋼板は加熱されるため鋼板の温度は溶液温度とほとんど同じになる。酸溶液の流れる方向は鋼板の進行方向の上流側から上流側に酸洗槽の上部よりオーバーフローするように流れる。また、酸洗槽には槽内に酸溶液を加熱するヒータが設けられている。

【0037】センサー9では、注入塩酸濃度、塩酸注入量を測定します。センサー10は、板厚、板幅、初期ス

トリップ温度、スケール量、ラインスピードを測定します。センサー11は液温を検出するものである。

【0038】図1の実線は液の流れを、点線は情報の流れを示すものである。従ってセンサー10から監視ユニットへの点線は、板厚、板幅、初期ストリップ温度、スケール量、ラインスピードの測定結果が転送されます。同様にセンサー9からは、注入塩酸濃度、塩酸注入量を測定の測定結果が転送される。

【0039】各槽からの点線は、溶液温度の測定結果が転送される。監視ユニットを通して演算処理システムで計算された最適パラメータの各値は、監視ユニットを通して、溶液濃度および流量に関しては酸の溶液濃度、流量コントロールシステム13に送られて、そこで新たに最適値が設定される。通板速度も同様な方法で通板速度制御システム12によって最適値に設定される。

【0040】図2は本発明に関する運転開始時の操作のフローチャートを示す。フローチャートに示す各パラメータを初期入力し、ついで前述の式(1) - (25)を使って出口における脱スケーリング率を計算される。その値が、100-105%の範囲に入っている場合は、その条件で運転を開始する。その範囲に入っていない場合は、再度変更可能な運転パラメータである初期塩酸濃度(注入塩酸濃度)、溶液温度塩酸流量を再入力する。生産量が変更可能な場合は、通板速度も変更パラメータとなる。再度累積脱スケーリング率を計算させる。

【0041】図3は本発明に関する鋼種パラメータであるスケール量等が運転途中で変化した場合の、操作のフローチャートを示す。累積脱スケーリング率が100-105%になる条件で運転していたが、たとえば焼鈍条件が変わりスケール量が変化し、図4の運行条件(1)になった場合、累積脱スケーリング率を再度計算させる。その値が100-105%の範囲であればそのままの運転条件パラメータで運転を続行する。その範囲に入らない場合は、再度運転条件パラメータを設定し直す必要性が生じる。運転パラメータの中で一番変更が容易なパラメータは、通板速度である。

【0042】図5は計算によって求めた通板速度と脱スケーリング率(累積脱スケーリング率と同一)の関係を示す。この関係から適性通板速度は、225-252m/minであるため、この値を再入力し運転を続行させる。生産性を変更できない場合は(通板速度を変更できない場合)、他の運転パラメータである初期塩酸濃度、溶液温度、また塩酸流量を変更することになる。図6はそれぞれの値を変更した場合の脱スケール率の変化を計算によって求めたものである。図6に示すようにそれぞれの操作を行うときの最適設定値を決定することができる。またその操作を行うことによって次の安定状態までに達する過渡応答時間を式(26) - (28)を用いて求めることができる。最適制御方法に関しては、過渡応答時間が短いものがよい。ただし図6の(b)に示すよう

に、たとえば塩酸温度が100℃を超えてしまう場合は、装置性能上その操作は不可能ということになり、その操作は除外される。図6中、(a)は塩酸流量を変更した場合、(b)は塩酸温度を変更した場合、(c)は塩酸濃度を変更した場合のものである。

【0043】(実施例2)図7及び図8は現状のプラントの定常時の運行条件における初期ストリップ温度 θ (0)10℃、液温 θ (f)85℃、スケール量 X (0)0.07kg/m²、ラインスピード V 250m/min、熱伝達率 α 20000kcal/m²h℃、ストリップ比熱 C (1)0.11kcal/kg℃、各酸洗槽の長さ l (n)1槽20.7m 2槽21.75m 3槽21.75m 4槽26m、ARPからの注入HCl濃度 d 180g/l、HCl注入量 Q 80kg/min、板幅 h 1m、板厚 t 0.0035mを本発明のアルゴリズムに代入し求めた酸洗槽内のHCl濃度、Feイオン濃度、温度分布を示している。濃度分布を示すグラフ中の斜線は、実機運転中におけるHCl濃度の分布を示している。本発明のアルゴリズムで求めたHClの濃度分布は、実機における濃度分布と良く一致しており本アルゴリズムが正しく作用していることが確認される。このアルゴリズムを使用して求めた酸洗槽内の各場所における累積脱スケーリング率を図9に示す。これによると酸洗槽を出るところでの累積脱スケーリング率は、110%であり脱スケーリング終了の100%を超えている。100%が脱スケーリング終了時点を示していることを考えると、この運転条件では、やや過酸洗になっていることがわかる。過酸洗になると下地の溶出が顕著になり表面を荒し製品価値を低下させるために、できるだけ酸洗槽出口近傍で累積脱スケーリング率を100%にもっていかなければならない。そこで本アルゴリズムを使用して、たとえば温度を下げた場合、累積脱スケーリング率は図10の様になり、出口において100%となり、過酸洗を減少させることができる。これらのことを本発明のアルゴリズムを用いて瞬時に最適制御方法およびその値を求め運転条件にフィードバックさせることにより最適条件で運転できるとともに肌あれの少ない品質の良い鋼板を得ることができる。

【0044】(酸濃度分布)

第 n 部で $C_n = Q \times C_{n+1} / (Q + 7996800 \times 0.02 \times 1_n \times h \times \exp(-7168 / (273 + t_n)))$

第 $n-1$ 部で $C_{n-1} = Q \times C_n / (Q + 7996800 \times 0.02 \times 1_{n-1} \times h \times \exp(-7168 / (273 + t_{n-1})))$

第2部で $C_2 = Q \times C_3 / (Q + 7996800 \times 0.02 \times 1_2 \times h \times \exp(-7168 / (273 + t_2)))$

第 n 部で $C_1 = Q \times C_2 / (Q + 7996800 \times 0.02 \times 1_1 \times h \times \exp(-7168 / (273 + t_1)))$

(鉄濃度分布)

第 n 部で $D_n = (C_{n+1} - C_n) \times 56 / 72$

第 $n-1$ 部で $D_{n-1} = (C_{n+1} - C_{n-1}) \times 56 / 72$
 第2部で $D_2 = (C_{n+1} - C_2) \times 56 / 72$
 第 n 部で $D_1 = (C_{n+1} - C_1) \times 56 / 72$

(実施例3) 図7及び図8に示す条件で酸洗装置を運転中にラインスピードを50m/minに下げた場合、そのままの運転条件で運転を継続させた場合、本発明のアルゴリズムを使用して計算すると図11に示すように、酸洗槽の第2槽後半のあたりですでに累積脱スケール率が既に100%を超えてしまい、出口においては580%になってしまい過酸洗が著しいことがわかる。この場合にとられる処置としては、(1) ARPからの塩酸濃度を変える (2) 液温を変える (3) ARPからの塩酸の注入量を変える等の操作が考えられる。各操作により出口付近での累積脱スケール率を100%近傍にもって行くように設定しなければいけない値を本発明のアルゴリズムを用いて計算すると(1)の操作では180g/lから32g/lに (2)の操作では85から45℃に (3)の操作では80kg/minから12kg/minとなり、経験に基づかず任意の値を求めることができる。図11は(1)から(3)の各操作をした場合の酸洗槽の各場所の累積脱スケール率を示す。

(1)および(2)の操作では、酸洗槽内で一定の割合で脱スケールされているが、(3)の操作では、初期においてはほとんど脱スケールされていなく、酸洗槽の後半で累積脱スケール率が急激に立ちあがり、ごく短い区間で脱スケールされていることがわかる。この様な場合、表面が荒れてしまうために適切でなく、この場合(3)の操作によりプラントをコントロールすべきではないことが判断できる。(1)および(2)の操作を比較した場合、本アルゴリズムを用いて、操作を行ったあと定常状態に達するまでの時間を求めると、(1)の操作で15分、(2)の操作で80分であることがわかった。これらの結果を総合判定すると(1)の操作が一番最適であることがわかる。これらのことを本発明のアルゴリズムを用いて瞬時に最適制御方法およびその値を求め運転条件にフィードバックさせることにより最適条件で運転できるとともに肌あれの少ない品質の良い鋼板を得ることができる。

【0045】(実施例4) 図7及び図8に示す条件で酸洗装置を運転中に板幅が1mから1.5mに変化した場合、そのままの運転条件で運転を継続させた場合、本発明のアルゴリズムを使用して計算すると図13に示すように、累積脱スケール率は酸洗槽の出口においては81.6%になり、脱スケールが完了していないことがわかる。この場合にとられる処置としては、(1) ARPからの塩酸濃度を変える (2) 液温を変える (3) ARPからの塩酸の注入量を変える (4) ラインスピードを変える等の操作が考えられる。実施例3と同様に各操作により出口付近での累積脱スケール率を100%近傍にもって行くように設定しなければいけ

ないが、その値を本発明のアルゴリズムを用いて計算すると(1)の操作では、180から225g/lへ増加、(2)の操作では、85から100℃へ増加させても累積脱スケール率は90.3%、(3)の操作では80から108kg/minへ増加、および(4)250から205m/minへ低下、となる。実施例2の場合と同様に累積脱スケール率および安定状態までに達する時間等の要因を含めて考慮すると、(1)の操作では温度を100℃に上げて脱スケールは終了しないことがわかるし、(2)および(3)の操作ではARPに大きな負荷がかかる。また濃度を上げることはラインのダメージを増加させることになる。これらのことを判断すると最適な制御は、(4)の操作であることがわかる。これらのことを本発明のアルゴリズムを用いて瞬時に最適制御方法およびその値を求め運転条件にフィードバックさせることにより最適条件で運転できるとともに肌あれの少ない品質の良い鋼板を得ることができる。

【0046】(実施例5) 図14～図17は熱間圧延普通鋼帯を酸洗後冷間圧延する一貫製造装置の構成図である。

【0047】図14は入側コイルカーに巻回された鋼帯をウェルダによって接合しながら連続的に送り出すようになっており、次いでブライドルローラによって鋼帯に形成されているスケールに割れを形成させ、次いで曲率半径の小さなロールを通してスケールを鋼帯より剥離するメカニカルスケールブレーカを通し、更に表面に付着しているスケールをメカニカルブラシでこすり取った後、図15の酸洗装置に送られる。

【0048】図15の酸洗装置は実施例1に記載の装置からなるものである。前述の如く、本実施例における酸洗速度は500m/分以上と高速で脱スケールが可能となることから図16に示す冷間圧延を直接行うことができる。

【0049】図16は酸洗された鋼帯をセンタリング装置を経てタンデムに4スタンドに配列したHCミルによって薄板が製造される。HCミルはバックアップロールとワークロールとの間に中間ロールが配置されたもので、中間ロールの軸方向へ左右反対の移動によって被圧延材の板厚の均一なものが得られるものである。本実施例で用いる冷間圧延機には他UCミル、CVCミル、クロスミルなどが用いられ、これを組合せて用いることが出来る。一例として、HCミルを前スタンド、UCミルを後列スタンドにした組合せ、CVCミルを前スタンド、HCミルを後列スタンドにした組合せ、クロスミルを前スタンド、HCミルを後列スタンドにした組合せがある。

【0050】本実施例におけるワークロール、中間ロール及びバックアップロールに複合ロールを用いることにより、より一層高速の圧延が可能である。複合ロールは軸材表面に軸材より高耐摩耗性を有する高合金鋼をエレ

クトロスラグ肉盛溶接によって微細炭化物を有する外層材を形成したものである。軸材は重量でC 0.2~1.5%, Si 3%以下, Mn 2%以下, Cr 5%以下、又はこれにNi 0.5%以下, Mo 1%以下を含む合金鋼が用いられる。外層材は重量でC 0.5~1.5%, Si 3%以下, Mn 2%以下, Cr 2~10%, Mo 1~10%, W 20%以下, V 1~5%, Co 13%以下を含む高合金鋼よりなり、HS硬さが80以上を有するように低周波表面加熱焼入れ後強制的に急冷する焼入れ及び焼戻しが施されたものである。

【0051】HSが80以上のものはワークロールとして使用され、中間ロールはそれより硬さが小さく、バックアップロールは中間ロールより硬さを小さくするように合金元素量が調整される。いずれもHS硬さで5~10小さくするとよい。いずれのミルも4又は6段のロールによって構成される。ワークロール及び中間ロール径は同等であるが、バックアップロールはそれらより大きい径のものが用いられる。

【0052】図17は冷間圧延された鋼帯を出側コイルカーで巻取る構成図である。鋼帯はロータリー式スクラッチチョップによって適宜切断され、オイルを通してカラーゼンションリールによって巻回される。

【0053】本実施例においても実施例と同様にスケールが完全に除去されるとともに肌あれのないものが得られる。

【0054】(実施例6) 図18は連続製造後続いて、熱間圧延する一貫製造装置を示す構成図である。2台の連続製造装置を交互に用いて20~40mm厚さの薄板を連続的に製造するので、その薄板を冷やさずに直接熱間圧延するものである。連続製造された薄板はトランスファ装置を通して交互に圧延機に送られる。送られた薄板はエッジを通して、次いでエッジヒータで加熱され、シャーで適宜切断され、HCミル熱間圧延される。熱間圧延されたものは冷間装置を通して冷却され、図19に示すブライドルローラ、メカニカルスケールブレイカ及びメカニカルブラシを通して図1の酸洗装置に送られる。連続製造装置におけるスピードが酸洗スピードに達しない場合には熱間圧延後冷却装置を通してカラーゼンションリールによって巻回され、その後実施例1~4に示す工程で酸洗される。

【0055】本実施例においても実施例1と同様にスケールが完全に除去されるとともに肌あれの生じないものが得られる。

【0056】本実施例における連続製造機は冷却された鋼板ベルト間に側端鋳型を設けた鋳型中に溶湯を注湯するやり方、幅広の鋳型間に側端鋳型を設け、鋳造方向に振動させて薄板を高速で鋳造するやり方等用いられる。また、圧延用ロールは実施例5に示す複合ロールを用いることができる。

【0057】本実施例においては、熱間圧延後酸洗によ

って脱スケールして巻取るものであるが、巻取らずに実施例5の図16及び図17と冷間圧延して巻取る連続製造-熱間圧延-メカニカル脱スケール-酸洗-冷間圧延-巻取りの連続一貫製造装置が可能となる。これにより効率的な製造ができる。

【0058】

【発明の効果】本発明によれば、熱間圧延普通鋼板の酸化物スケールを除去するための最適な運転条件で操業できるだけでなく、その結果美しくかつ極めて表面状態の良好な普通鋼板が得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例になる脱スケールプロセスの装置図。

【図2】本発明に関する運転開始時の操作のフローチャート図。

【図3】本発明に関する運転途中の操作のフローチャート図。

【図4】本発明の運行条件を示すパラメータ。

【図5】通板速度と脱スケール率との関係を示す線図。

【図6】各操作における最適運転条件の設定方法を示す図。

【図7】本発明のアルゴリズムによる酸洗槽の温度、HC1およびFe濃度の分布計算結果を示す図。

【図8】本発明のアルゴリズムによる酸洗槽の温度、HC1およびFe濃度の分布計算結果を示す図。

【図9】本発明のアルゴリズムによる酸洗槽内での累積脱スケール率の計算結果を示す図。

【図10】本発明のアルゴリズムによる酸洗槽内での累積脱スケール率の計算結果を示す図。

【図11】本発明のアルゴリズムによる酸洗槽内での累積脱スケール率の計算結果を示す図。

【図12】本発明のアルゴリズムによる酸洗槽内での累積脱スケール率の計算結果を示す図。

【図13】本発明のアルゴリズムによる酸洗槽内での累積脱スケール率の計算結果を示す図。

【図14】本発明の一実施例を示す脱スケール-冷間圧延一貫製造装置の構成図。

【図15】本発明の一実施例を示す脱スケール-冷間圧延一貫製造装置の構成図。

【図16】本発明の一実施例を示す脱スケール-冷間圧延一貫製造装置の構成図。

【図17】本発明の一実施例を示す脱スケール-冷間圧延一貫製造装置の構成図。

【図18】本発明の一実施例を示す連続製造-熱間圧延一貫製造装置の構成図。

【図19】本発明の一実施例を示すメカニカル脱スケール設備の構成図。

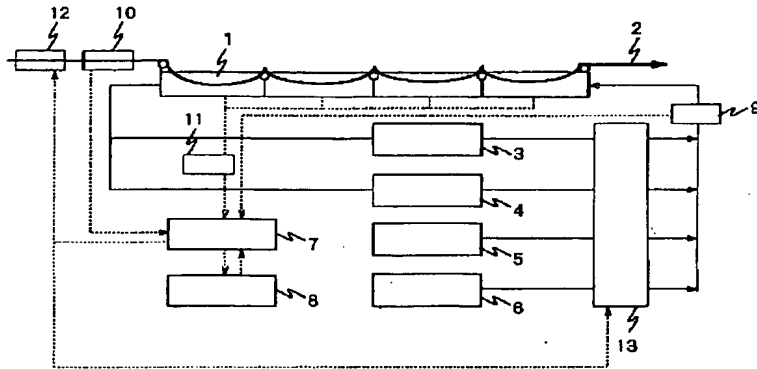
【符号の説明】

1…酸洗槽、2…鋼帯、3…ARP(酸回収システム)、4…酸リザーブタンク、5…酸タンク、6…水タ

ンク、7…監視ユニット、8…演算システム、9、1
0、11…センサー、12…通板速度制御システム、1

3…酸の溶液濃度、流量コントロールシステム。

【図1】

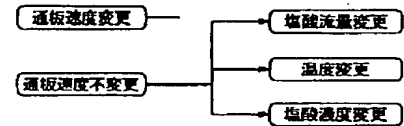


【図4】

図 4

酸洗パラメータ	数 値
スケール量 $X(0) (g/m^2)$	0.07
板厚 $t (m)$	0.0035
板幅 $h (m)$	1
初期塩酸濃度 $C(0) (g/l)$	180
塩酸溶液温度 $T (^\circ C)$	85
塩酸流量 $Q(0) (kg/min)$	80
通板速度 $V: (m/min)$	300
ライン長さ $l (m)$	90.2

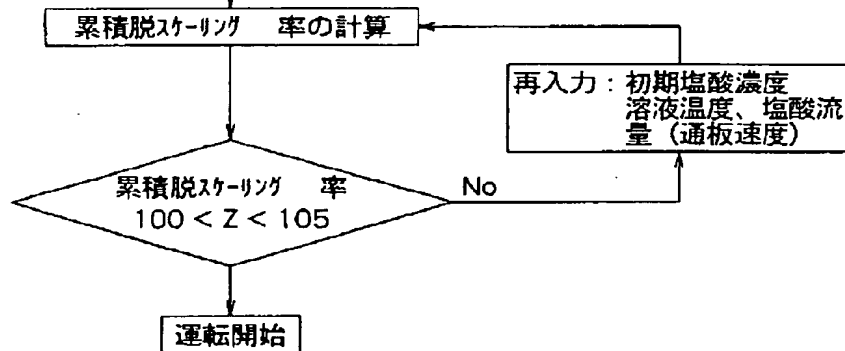
図 1



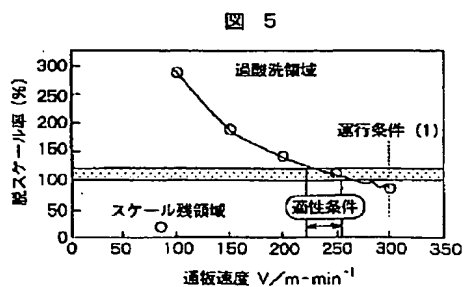
【図2】

図 2

初期入力: スケール量、板厚、板幅、酸洗タンク容量、ライン長さ、
初期塩酸濃度、溶液温度、塩酸流量、スケールブレーカー
のび率、通板速度

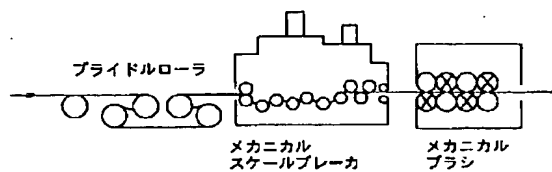


【図5】



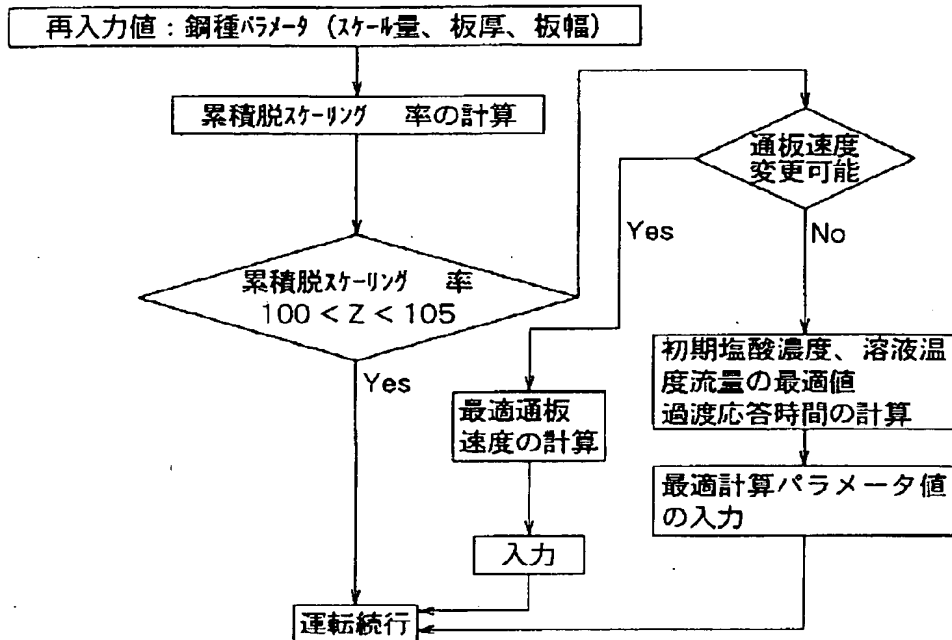
【図19】

図 19



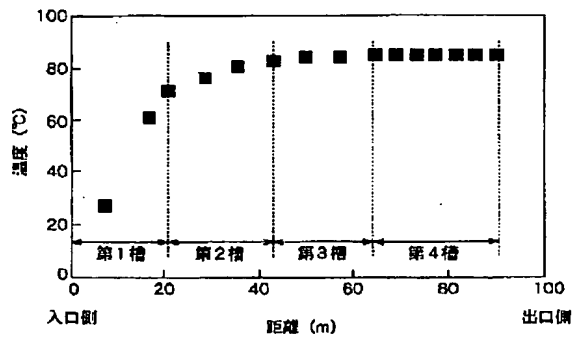
【図3】

図 3



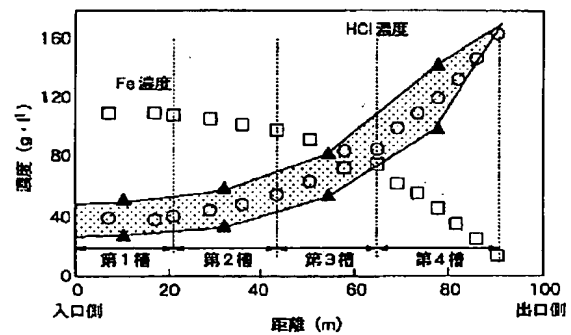
【図7】

図 7

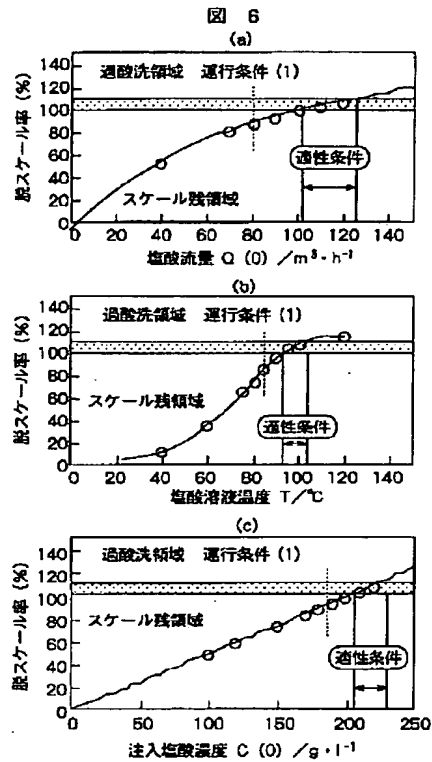


【図8】

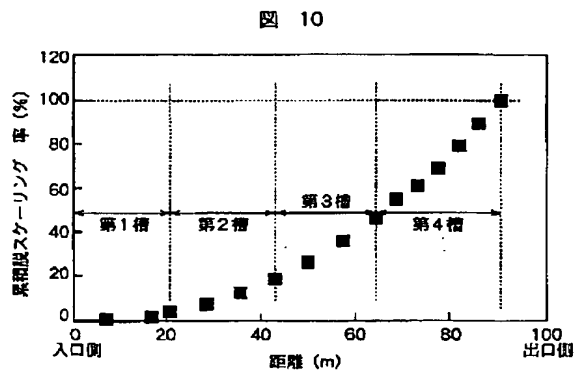
図 8



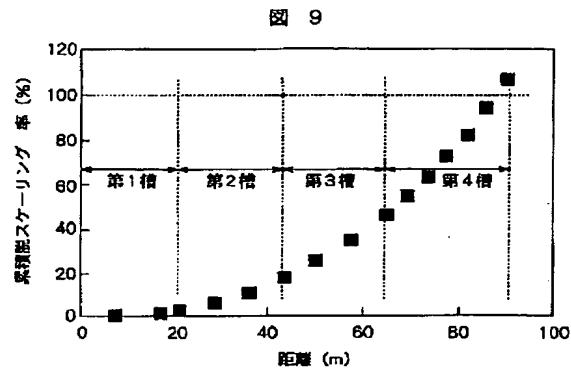
【図6】



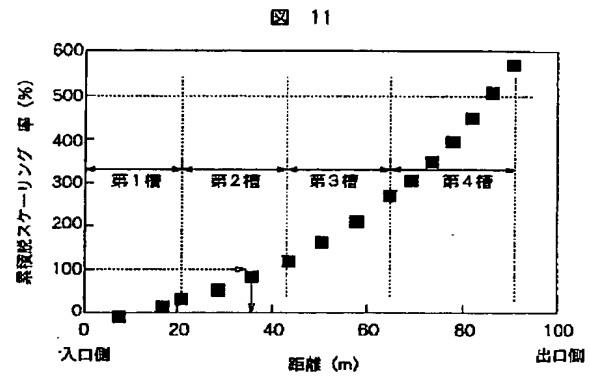
【図10】



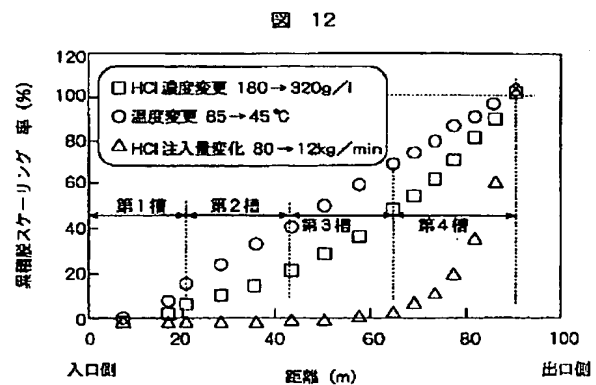
【図9】



【図11】

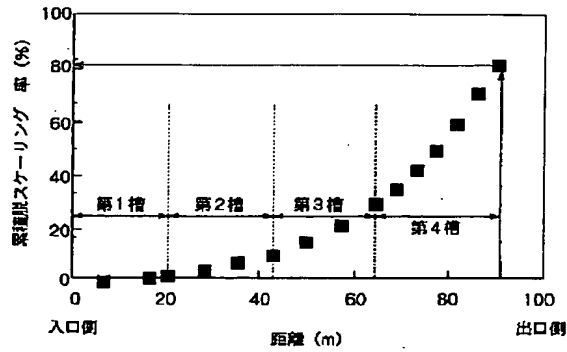


【図12】

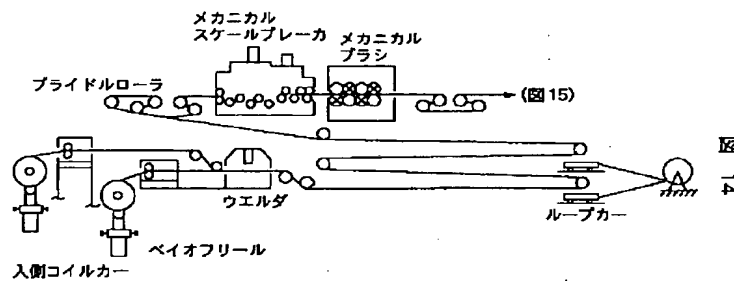


【図13】

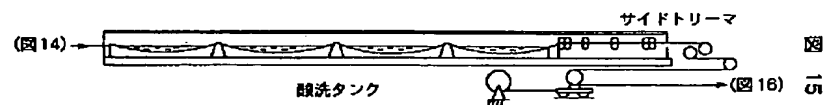
図 13



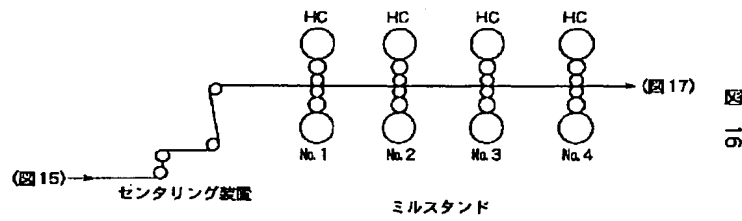
【図14】



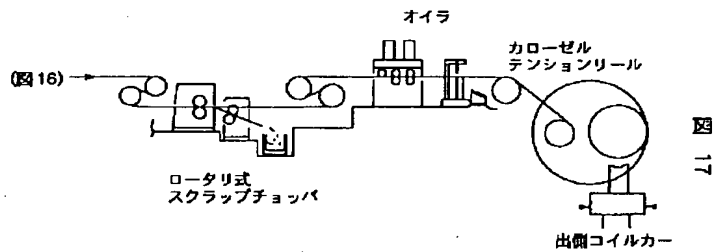
【図15】



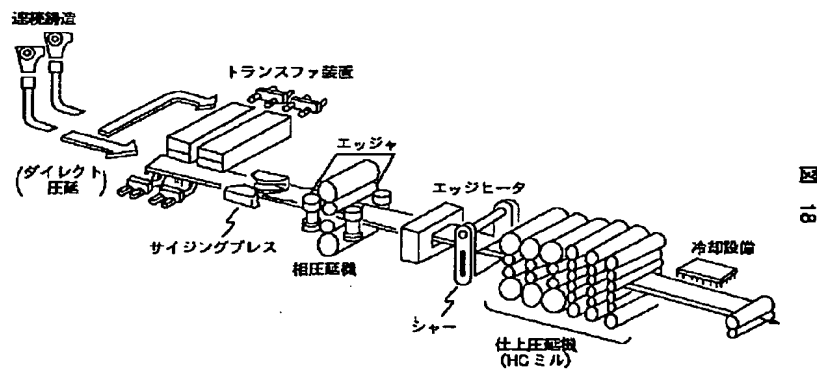
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 恒雄
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内

(72)発明者 横須賀 伸一
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会
社日立製作所日立工場内